Aus dem Züricher physiolog. Institut des Herrn Prof. Dr. Gaule

Der Hämoglobingehalt im circulierenden Kaninchenblut bei gewöhnlichem und vermindertem Luftdruck.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

HANS FREY,
med. pract.

Genehmigt auf Antrag von Herrn **Prof. Dr. J. Gaule.**

USTER-ZÜRICH.
Buchdruckerei Gschwend & Didierjean
1903.

Aus dem Züricher physiolog. Institut des Herrn Prof. Dr. Gaule

Der Hämoglobingehalt im circulierenden Kaninchenblut bei gewöhnlichem und vermindertem Luftdruck.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

HANS FREY,
med. pract.

Genehmigt auf Antrag von Herrn **Prof. Dr. J. Gaule.**

USTER-ZÜRICH.
Buchdruckerei Gschwend & Didierjean
1903.

Meinem Vater

in dankbarer Verehrung

zugeeignet.

Einleitung.

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden zu dem Zwecke angestellt, die im Sommer 1901 von Gaule während eines zweimaligen Aufstiegs im Luftballon erhaltenen Versuchsresultate näher aufzuklären.

Die Untersuchungen Gaules geben Aufschluss über die Veränderung, welche der Hämoglobingehalt, die Zahl der roten Blutkörperchen, die histologischen Eigenschaften und der osmotische Druck der letztern, und das specifische Gewicht des Blutes unter der Einwirkung der verdünnten Luft erfahren.

Die Versuche, die im nachfolgenden beschrieben werden sollen, beschränken sich auf die Prüfung des Einflusses der verdünnten Luft auf den Hämoglobingehalt des circulierenden Blutes.

Da sich das Verständnis der durch die Druckerniedrigung bedingten Umgestaltung des Blutes auf die Beobachtung aller in der Gauleschen Arbeit berücksichtigten Qualitäten stützt, so erscheint es mir angebracht, eine gedrängte Darstellung dieser Arbeit der Schilderung meiner Versuche vorauszuschicken.

Gaule bestimmt vor der ersten Auffahrt an zwei Personen die Zahl der roten Blutkörperchen, den Hämoglobingehalt und das specifische Gewicht des Blutes. Die zweite Bestimmung dieser Grössen erfolgt nach zwei Stunden in einer Höhe von 4000 Metern und ergibt übereinstimmend an beiden Personen: Gleichbleiben des specifischen Gewichts, Anstieg der Zahl der roten Blutkörperchen und Abfall des Hämoglobingehaltes. Bei der Zählung der roten Blutkörperchen fällt es auf, dass die-

selben in der gleichen Flüssigkeit nicht stechapfelförmig und klein, wie in der Ebene, sondern glatt, scheibenförmig und gross aussehen. Nach einer ungefähr sechsstündigen Fahrt erfolgt die Landung und am folgenden Morgen eine dritte Bestimmung jener Grössen, die zeigt, dass jetzt Hämoglobingehalt und Zahl der Erythrocyten annähernd zur Norm zurückgekehrt sind.

Bei einer zweiten Auffahrt zieht Gaule auch die hystologischen Verhältnisse in den Kreis seiner Beobachtungen, indem er vor, während und nach dem Aufstieg vom Blute mikroskopische Präparate anfertigt. Die Zählung der roten Blutkörperchen in einer Höhe von 4000 Metern ergibt an zwei Personen wieder eine bedeutende Vermehrung, die Bestimmung des Hämoglobingehalts wieder eine Verminderung. Wieder zeigen die Blutkörperchen der gleichen Kochsalzlösung gegenüber ein anderes Verhalten, als in der Ebene, d. h. sie haben einen andern osmotischen Druck. In den nach Ehrlich mit Hämotoxilin-Eosin gefärbten Deckglastrockenpräparaten des in der Höhe gewonnenen Blutes erscheinen die roten Blutkörperchen ungefärbt. Die sich mit Eosin rotfärbende Substanz (das Hämoglobin) liegt ausserhalb denselben, zu scharfkantigen Gebilden auskrystallisiert. Nicht wenige unter ihnen tragen in der Mitte einen mit Hämotoxilin blau gefärbten Fleck, der nicht anders denn als Kern gedeutet werden kann. Vielfach erblickt man auch Zellteilungen.

In den Präparaten, welche am Tag nach dem Aufstieg gewonnen werden, ist das alles verschwunden, und die Bilder zeigen wieder die normalen, rotgefärbten Blutkörperchen.

Diese Tatsachen führen Gaule zu folgenden Ueberlegungen:

Die gefundene Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen in der Kubikeinheit kann keine scheinbare, durch einen Wasserverlust des Blutes vorgetäuschte, sein;

denn das specifische Gewicht bleibt konstant. Sie beruht auch nicht darauf, dass infolge vasomotorischer Einflüsse das Blut in den der Untersuchung zugänglichen Partien des Gefässsystems auf Kosten des Blutes in anderen Partien reicher an roten Blutkörperchen geworden ist: denn der Hämoglobingehalt steigt nicht proportional mit der Zahl der roten Blutkörperchen an. Die Veränderung des osmotischen Drucks ist nur mit dem Auftreten neuer roter Blutkörperchen im Kreislauf vereinbar. Die mikroskopischen Präparate weisen häufige Zellteilungen auf:

Die beobachtete Vermehrung der Blutkörperchen ist also eine wirkliche.

Die Frage nach dem Schicksal der, bei der Rückkehr in die tiefe Luftschicht wieder verschwindenden roten Blutkörperchen, beantwortet Gaule durch eine Vermutung, die sich auf zwei Tatsachen stützt. Die eine Tatsache ist die, dass Hämoglobinurie nach der Rückkehr zur Tiefe nicht auftritt; die zweite die, dass eine Schwächung des Organismus, wie sie der plötzliche Austritt einer so grossen Zahl von roten Blutkörperchen aus dem Körper hervorbringen müsste (Gaule berechnet sie für einen erwachsenen Mann auf 1335 Billionen), nicht stattfindet.

Seine Schlussfolgerung lautet daher, dass die verschwindenden roten Blutkörperchen wohl aus dem Blut, nicht aber aus dem Körper verschwinden, sondern in verschiedene Bestandteile aufgelöst, von verschiedenen Organen aufgenommen werden.

Dies ist in ihren Gründzügen die Auffassung, zu welcher Gaule durch seine, die Vorgänge in dem der Einwirkung der Höhenluft unterstellten Blut klarlegenden Untersuchungen gelangt.

Die Bedeutung des Gegenstandes musste nun den Wunsch nahe legen, den mit Hülfe der kostspieligen und umständlichen Ballonfahrt gewonnenen Einblick unter Heranziehung einfacherer und zugänglicherer Hülfsmittel nach Belieben zu wiederholen und zu erweitern.

Ein solches Hülfsmittel ist der durch die Saugwirkung einer Pumpe in einer luftdicht schliessenden Glasglocke entstehende luftverdünnte Raum. Dieser erlaubt es, den Organismus im sichern und mit allen Hülfsmitteln ausgetatteten Laboratorium der Einwirkung jenes äussern Impulses auszusetzen, den der Luftschiffer und der Bergsteiger erst in schwindelnder Höhe antrifft.

Das Ziel meiner Arbeit war es, durch dieses Hülfsmittel jenen äussern Faktor in Tätigkeit zu setzen, der in den hohen Regionen die beschriebene Umwandlung des Blutes hervorbringt, und von den Vorzügen begünstigt, die das Laboratorium vor dem Luftschiff voraus hat, jene Umgestaltung an einer ihrer Aeusserungen, der Veränderung des Hämoglobingehaltes, kennen zu lernen. Dabei sollte der Versuch in Bezug auf die Zeit, binnen welcher jener äussere Faktor auf das Tier wirkt, eine Mittelstellung zwischen der kurz dauernden Ballonfahrt und dem wochenlangen Aufenthalt im Gebirge oder in der pneumatischen Glocke einnehmen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Gaule für die wohlwollende Unterstützung, die er mir bei der Ausführung dieser Arbeit zu teil werden liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Apparate und Untersuchungsmethode.

Die Luftglocke.

Meiner Absicht, das Versuchstier während einer beliebig langen Frist einer bestimmten, und vom Apparat selbst gleichbleibend erhaltenen Luftverdünnung auszusetzen, diente ein Recipient, der einerseits mit dem Manometer und den Körtingschen Wasserstrahlpumpen, anderseits mit einem zweiten grössern, der Aussenluft einen abstufbaren Eintritt gestattenden Recipienten luftdicht verbunden war. Dieser Apparat ist auf Tafel I im Anhang photographisch wiedergegeben.

Der Recipient I (I), eine mit einem Durchmesser von 27 cm und einer Höhe von 33 cm 16 Liter fassende Glasglocke, ruhte mit abgeschliffenem, wohl eingefettetem Rand auf einer fein polierten Glasplatte. Eine runde Oeffnung an der Kuppe wird durch einen von zwei Glasröhren durchbohrten Gummistöpsel luftdicht abgeschlossen.

Von der einen dieser Röhren (1) führt ein Kautschukschlauch zum Hauptast eines Glasrohres (2), dessen beide Nebenäste durch Schläuche mit je einer Körtingschen Pumpe (IV) verbunden sind. Durch einen im Hauptast angebrachten Glashahn (3) kann die Verbindung zwischen Pumpen und Recipient unterbrochen werden.

Zwischen dem Glashahn und dem Recipienten I ist ein T-Rohr (4) eingeschaltet. Durch die horizontalen Aeste streicht die von den Pumpen aus dem Recipienten angesogene Luft. Der vertikale Ast ist mit dem einen Schenkel (5) eines U-förmigen Manometers verbunden (III), in dessen Biegung Quecksilber ruht und dessen zweiter Schenkel (6) der Aussenluft zugänglich ist.

Die unter der Saugwirkung der Pumpen entstehende Höhendifferenz der beiden Flüssigkeitssäulen in den beiden Schenkeln ergibt, vom Barometerstand abgezogen, den in der Glocke herrschenden Druck.

An die zweite Glasröhre (7) ist ein Schlauch befestigt, der die Verbindung mit dem Recipienten II (II) herstellt. Dieser, eine 70 Liter fassende Korbflasche ist gleichfalls durch einen von zwei Glasröhren durchbohrten Gummistöpsel verschlossen. Die eine (8) dient der Verbindung mit Recipient I, die andere (9) trägt einen kurzen Gummischlauch der, von einer Klemmschraube (10) in feiner Abstufung mehr oder weniger zusammengepresst, mehr oder weniger Luft in das ganze System eintreten lässt. Wenn die Schraube sorgfältig eingestellt war, so genügte diese Vorrichtung ihrer Aufgabe, den Druck auf dem Niveau, auf das er im Verlauf der ersten Viertelstunde herabgesunken war, selbsttätig festzuhalten. Der Apparat konnte also sich selbst überlassen werden.

Schon der erstmalige Anblick des tiefatmend in der Glasglocke sitzenden Tieres, in welcher die Luft entsprechend dem von 720 auf 400 mm Quecksilber herabsinkenden Druck immer dünner wurde, muss dem Beschauer die Frage aufdrängen, ob in diesem gewissermassen auf eine Höhe von 4800 Metern emporsteigenden Raum diejenige Menge Luft in der Zeiteinheit ein- und austrete, die nötig ist, um die vom Tiere ausgehende Verschlechterung der Luft aufzuheben.

War die Zusammensetzung dieses von der Glocke umschlossenen Gasgemenges dieselbe wie diejenige der freien Athmosphäre? Solches musste der Fall sein, wenn die Wirkung der Luftverdünnung ungetrübt durch die Wirkung anderer Faktoren zu Tage treten sollte.

Ich hatte demnach den CO_2gehalt der Luft festzustellen, die dem Tiere während des Experiments zur Verfügung stand. Dies hätte auf experimentellem Wege geschehen können. Da der CO_2gehalt der Luft in einem geschlossenen, ventilierten Raum von der Menge der in der Zeiteinheit durchströmenden Luft, und der in dieser Zeit vom Tiere ausgeatmeten CO_2 abhängig ist, und diese Grössen unter den vorliegenden Umständen mit hinläng-

licher Genauigkeit bestimmt werden konnten, so konnte diese Frage durch eine einfache Rechnung beantwortet werden.

Als Anhaltspunkt zur Bestimmung des Ventilationseffektes meiner Pumpen diente mir die Geschwindigkeit mit der die letzteren bei luftdicht abgeschlossenem Apparat den Druck von der bei meinen Versuchen gebräuchlichen Höhe um ein gewisses Mass herabsetzten.

Die beiden Körtingschen Wasserstrahlpumpen vermindern bei ganzer Oeffnung der Wasserhähne in dem geschlossenen Apparat den Druck von 450 auf 350 mm Hg. in 110 Sekunden.

Das spec. Gewicht der Luft bei 760 mm beträgt 0,001293
„ „ „ „ „ „ 450 mm „ 0,000765
„ „ „ „ „ „ 350 mm „ 0,000595

Die miteinander verbundenen, gegen aussen abgeschlossenen Hohlräume des Apparates haben zusammen einen Inhalt von rund 90 dm^3.

Das Gewicht der darin eingeschlossenen Luft beträgt
bei 450 mm Hg. . . . $90 \times 0{,}765$ gr = 68,85 gr
bei 350 mm Hg. . . . $90 \times 0{,}595$ gr = 53,55 gr
Differenz 15,30 gr

Demnach entnehmen die Pumpen, indem sie den Druck von 450 auf 350 mm Hg. herabsetzen, der Glocke 15,3 gr Luft.

Das mittlere specifische Gewicht dieser Luft entspricht dem mittlern Druck während dieser Zeit, also 400 mm Hg. Das specifische Gewicht der Luft bei 400 mm Hg. beträgt 0,000680

Das Volum der entnommenen Luft beträgt somit:

$$15{,}3 : 0{,}680 = 22{,}5 \text{ L.}$$

In 110 Sekunden entnehmen die Pumpen 22,5 L
„ 1 „ „ „ „ 0,2045 L
„ 1 Stunde „ „ „
$0{,}2045 \text{ L} \times 3600 = 736{,}2 \text{ L}$

Dieselbe Menge Luft (ausserhalb der Glocke ein dem höhern Drucke entsprechend kleineres Volumen einnehmend) muss in die Glocke eintreten, wenn der Druck auf gleicher Höhe bleiben soll.

Wenn demnach bei laufenden Pumpen der Druck eine gleichmässige Höhe von 400 mm Hg. beibehält, so muss stündlich ein Luftquantum in die Glocke einströmen, welches bei diesem Druck ein Volum von . 736,2 L einnimmt.

Nach einer experimentellen Bestimmung von Gaule gibt das Kaninchen in einer ungefähr in dem von mir angewendeten Maasse verdünnten Luft pro Stunde und pro kg 0,647 l CO_2 ab.

Ein 2 kg schweres Tier liefert also . 1,294 L CO_2.

Das Verhältnis der Kohlensäure zur Gesamtluft wird somit unter der Glocke in ‰ ausgedrückt. Das folgende

$$\frac{1{,}294 + (736{,}2 \times 0{,}0003)}{736{,}2} = \frac{X}{1000}$$

Daraus ergibt sich $X = 2{,}058$

Das heisst:

die Luft unter der Glocke enthält auf

1000 L Gesamtluft 2,058 L CO_2

oder 2,058 pro mille.

Der CO_2 gehalt der Glockenluft war demnach nur wenig höher als das von der Hygiene für bewohnte Räume geforderte Maximum von 1 ‰. Die Zusammensetzung derselben konnte also als eine zulässige und die am Tiere zu Tage tretenden Erscheinungen als eine annähernd reine Wirkung der Luftverdünnung betrachtet werden.

Die Blutentnahme.

Das Blut für die Hämoglobinbestimmungen gewann ich aus den kräftigen, meist gut gefüllten, und im durchschimmernden Licht als breite rote Streifen sichtbaren Ohrgefässen.

Ich hielt das Ohr jeweils gegen das Licht und durchstiess es mit einem feinen Skalpel an einer Stelle, unter welcher ein kleines Gefäss durchlief; war dieses getroffen, so quoll das Blut beim normalen Tier stets in rascher Tropfenfolge hervor. Aus der, auf der Oberfläche sich ansammelnden kleinen Blutlache wurde die zum Gowerschen Hämoglobinometer gehörende Capillarpippette bis zur Marke gefüllt und dann ein weiteres Herausfliessen des Blutes aus der Wunde durch Aufpressen eines rasch aus dem Pelz herausgeschnittenen Haarbusches unterbrochen.

Anders gestalten sich diese Verhältnisse bei einem eben der Glocke entnommenen Tiere. Hier sind die ersten Einstiche entweder ohne Erfolg oder fördern nur ein spärlich fliessendes, dickes, dunkel gefärbtes Blut zu Tage, welches einen wechselnden, meist gegen den des normalen Blutes um etwa fünf Teilstriche zurückstehenden Hämoglobingehalt hat. Die Benützung dieses Blutes würde also den Einblick in die Wirkung der Luftverdünnung auf den Hämoglobingehalt vollkommen trüben. Um die venöse Stase, mit der man es hier offenbar zu tun hat und die ich in der Hälfte der Fälle vorfand, zu beseitigen, überlässt man das aus der Glocke befreite Tier am besten ein paar Minuten lang seinem meist sehr lebhaften Bewegungstrieb. Darauf stellt sich die normale Durchströmung der Ohren wieder her, die Gefässe füllen sich aufs neue und der Einstich fördert jetzt das gewöhnliche, reichlich quellende, hellrote Blut zu Tage. Ist dies der Fall, dann stimmen Blutproben, die den verschiedensten Ohrgefässen entnommen sind, in Bezug auf das Hämoglobin durchaus überein und es liegt damit die Annahme nahe, dass das in gleich grossen Gefässen an anderen Körperstellen circulierende, ja das gesamte circulierende Blut überhaupt, in Bezug auf den Hämoglobingehalt mit dem in einem Ohrgefäss enthaltenen identisch sei.

Um die Richtigkeit dieser Annahme zu prüfen, wurde bei drei Tieren die Carotis freigelegt und das dieser Schlagäder entnommene Blut mit dem aus dem Ohr gewonnenen verglichen. Dies geschah bei einem Tier (Kaninchen VIII, 4. auf 5. Februar) vor und nach einem 24stündigen Aufenthalt in der Glocke, bei zwei anderen (an Kaninchen VI am 6. und an Kaninchen IX am 7. Februar) nach einem solchen. Jedesmal ergab dieser Vergleich eine vollkommene Uebereinstimmung.

Es sind also die an dem in der beschriebenen Weise dem Ohr entnommenen Blutstropfen gefundenen Werte für das im ganzen Gefässsystem kreisende Blut gültig.

Die Hämoglobinbestimmung.

Zur Bestimmung des Hämoglobingehaltes benützte ich das Sahli-Gowersche Hämoglobinometer.

Bekanntlich verlangt dieser Apparat, dass eine genau abgegrenzte Menge Blut in ein Capillarrohr angesogen, von da in ein graduiertes Röhrchen gebracht und hier mit derjenigen Menge Wassers gemischt werde, welche das Blut auf die einer daneben gehaltenen Musterlösung eigenen Stufe der Rotfärbung abblasst.

Die genaue Abgrenzung der in die Capillarpippette angesogenen Blutmenge und die Mischung derselben im graduierten Röhrchen kann bei einiger Sorgfalt leicht gleichmässig und fehlerfrei ausgeführt werden. Trotzdem gingen in der ersten Zeit meiner Beschäftigung mit dem Apparat die an verschiedenen Proben desselben Blutes vorgenommenen Bestimmungen oft um fünf Skalenteile auseinander.

Der Fehler musste also auf der Schwierigkeit beruhen, den Punkt zu finden, in welchem die Blutmischung die gleiche Rötung aufweist wie die Musterlösung, eine Schwierigkeit, die keineswegs verwunderlich ist, da ein solcher Punkt nicht existiert. Es gibt keine Stufe der

Verdünnung, auf welcher der mehr ins Gelbliche spielende Farbenton der Blutlösung mit dem meist bläulichen Ton der künstlichen Farblösung in voller Konsonnanz stünde. Wer ihn sucht, wird ihn bald höher oben, bald tiefer unten innerhalb einer Zone zu finden vermeinen, deren Breite 5 bis 6 Skalenteile beträgt und die man als die Zone der grössten Annäherung bezeichnen kann. Diese ist nach unten begrenzt durch einen Punkt, bei welcher die Farbe der Mischung noch eine Spur dunkler erscheint als die der Musterlösung, und nach oben durch einen zweiten, bei welchem die Mischung eben um eine Spur heller geworden ist als die Musterlösung. Diese beiden Punkte machen sich mit Schärfe geltend, wenn man die durch wiederholtes Zusetzen eines Wassertropfens gleichmässig ansteigende Flüssigkeitssäule unausgesetzt und unter stetigem Vergleich mit der daneben stehenden Musterlösung im Auge behält.

Es ist demgemäss von Vorteil, statt des fraglichen Gleichheitspunktes diese beiden Grenzpunkte zu bestimmen. Das Mittel derselben gibt das Resultat der Ablesung.

In dieser Weise ausgeführt, gehen mehrere an demselben Blut vorgenommenen Einzelbestimmungen nicht weiter auseinander als um zwei Skalenteile.

Damit war die Fehlerbreite meines Apparats soweit eingeschränkt, dass er nunmehr als für meine Zwecke brauchbar angesehen werden konnte.

Die in den nachfolgenden Tabellen den jeweiligen Stand des Hämoglobingehalts ausdrückenden Zahlen sind Durchschnittswerte aus den Ergebnissen von je zwei oder drei Einzelbestimmungen. Als solche enthalten sie notwendigerweise in einem Teil der Fälle (wenn eine der Einzelzahlen eine ungerade ist) halbe Einheiten, machen aber deshalb keineswegs Anspruch auf eine bis in die erste Decimale reichende Genauigkeit. Vielmehr haftet ihnen, wie schon angeführt, eine innerhalb zwei Einheiten schwankende Ungenauigkeit an.

Bei Anstellung des Farbenvergleichs benützte ich als Lichtquelle ausschliesslich das diffuse Tageslicht, welches, von einer breiten weissen Fläche zurückgeworfen, durch die beiden zum Vergleich nebeneinander gestellten und schräg dagegen gehaltenen Röhrchen fiel.

Diese Beleuchtungsart schien mir, nach vielfacher Anwendung anderer Verfahren das beste Unterscheidungsvermögen zu gewähren.

Die Versuche.

Elf Kaninchen, an denen während einer durchschnittlich dreiwöchigen Beobachtungszeit eine tägliche Bestimmung des Gewichts und des Hämoglobingehaltes stattfand, wurden einzeln zu einem oder zu wiederholten Malen 6—48 Stunden lang in dem Recipienten des oben beschriebenen Apparates der Luftverdünnung ausgesetzt.

Gewöhnlich wurde das Tier morgens 9 Uhr, nachdem Gewicht und Hämoglobingehalt bestimmt war, in die Glocke gebracht, in welcher der Druck innerhalb einer Viertelstunde auf das gewünschte Mass herabsank. Bei den ersten Versuchen wurden Drucke von 300 bis 380 mm Hg., bei der Grosszahl derselben ein solcher von 400 mm Hg. verwendet.

Zu den in der Tabelle angegebenen Tagesstunden wurde der Druck langsam zur normalen Höhe heraufgelassen, das Tier aus der Glocke befreit, wieder Gewicht und Hämoglobin bestimmt, und sodann das Tier aufs neue in die gereinigte und mit frischem Futter versehene Glocke gesetzt. Hier bringt es nach wieder hergestellter Druckerniedrigung die Nacht zu, um am nächsten Morgen, nach der Befreiung aus der Glocke und nach erneuter Bestimmung von Hämoglobin und Gewicht entweder in den Stall versetzt oder für eine weitere Tagesfrist der Glocke anvertraut zu werden.

In der Glocke zeigten sich die Tiere meist munter. Hie und da deutete ein ruhiges Dasitzen mit halbgeschlossenen Augen auf eine gewisse Schläfrigkeit. Anfangs war die Atmung stets vertieft und beschleunigt, wurde aber nach einiger Zeit ruhig. Der Appetit war im allgemeinen gut; bei höheren Drucken besser wie bei niedrigeren.

Beim Ansteigen des Drucks vor der Herausnahme trat in ähnlicher Weise Vertiefung und Beschleunigung der Atmung ein, wie bei der Druckerniedrigung.

Aus der Glocke gehoben, bewiesen die Tiere mit Ausnahme des unter dysenterieartigen Symptomen erkrankten Kaninchens No. V das beste Wohlbefinden, indem sie sich, der wiedererlangten Bewegungsfreiheit froh, in munteren Sprüngen im Zimmer herumtrieben.

In der Zwischenzeit waren die Tiere in geräumigen, trockenen, in einem warmen, halbdunkeln Kellerraum aufgestellten Käfigen untergebracht und wurden mit Heu, Hafer und gelben Rüben ernährt, welches Futter ihnen stets auch in der Glocke zur Verfügung stand.

Sie gediehen dabei, wie aus den bedeutenden Gewichtszunahmen ersichtlich ist, sehr gut.

Es folgen nun Tabellen, welche das Verhalten des Hämoglobins und des Gewichts bei sämtlichen Versuchstieren bei gewöhnlichem und erniedrigtem Drucke angeben.

Tabelle I.

Versuchstier: Mittelgrosses, männliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 11. m. 10	1750	59	
	„ 12. m. 11	1720	61	Nach einfacher Haft (über Nacht) im offenen Recipienten.
	„ 13. a. 3	—	57	
	„ 14. m. 10	—	58	
	„ 15. m. 10	1870	56	
1.	„ 16. m. 9	1900	54	
1.	„ 16. a. 2	—	50	Nach 4 Stunden 360 mm Hg.
1.	„ 17. m. 10	1790	51	Nach weiteren 18 Stunden 340 mm Hg. (Einmal sank der Druck für kurze Zeit auf 200 mm).
	„ 18. m. 10	1700	53	
	„ 18. a. 3	1760	45	
	„ 19. m. 9	1900	44	
	„ 20. m. 9	1900	44	
2.	„ 22. m. 10	2030	44	
2.	„ 22. a. 5	2000	42	Nach 6 Stunden 400 mm Hg.
2.	„ 23. m. 10	—	—	(Das Tier liegt erstickt in der Glocke. Während der Nacht war wegen ungenügender Regulation der Druck dauernd zu tief gesunken.)

Anmerkung: V.-N. = Nummer des Versuchs.
G. = Gewicht.
H. = Hämoglobingehalt, in Skalenteilen des Sahli-Gowerschen Hämoglobinometers.
m. = morgens.
a. = abends.

Tabelle II.

Versuchstier: Mittelgrosses Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 6. m. 10	1710	58	
3.	„ 7. m. 10	1745	59,5	
	„ 7. a. 3	1740	58,5	Nach 5 Stunden 380 mm Hg. (98 Atemzüge pro Minute. Gute Fresslust.)
	„ 7. a. 7	1670	55	Nach weiteren 3 Stunden 400 mm Hg.
4.	„ 12. m. 10	—	60	
	„ 12. a. 4	1720	55	Nach 5 Stunden 340 mm Hg. (Das Tier atmet heftig, frisst nicht.)
	„ 13. m. 10	1640	57,5	Nach weiteren 18 Stunden 400 mm. (Das Tier hat fast nichts gefressen.)
	„ 13. a. 3	—	62,5	
	„ 14. m. 11	—	50	
	„ 14. a. 4	1490	47,5	
	„ 15. m. 11	1700	54	
	„ 15. a. 3	1690	52	
	„ 16. m. 11	1740	54	
	„ 17. m. 10	1770	52	
	„ 19. m. 11	1850	49	
	„ 20. m. 11	—	48	
5.	„ 21. m. 10	1940	50	
	„ 21. a. 5	1910	49	Nach 5 Stunden 400 mm.
	„ 22. m. 10	1850	68,5	Nach 17 Stunden 380 mm Hg. (Das Tier hat alles leer gefressen.)
	„ 22. a. 4	1830	55	
	„ 23. a. 2	1850	57,5	
	„ 24. m. 11	1870	57,5	
	„ 24. a. 4	1890	56,5	
	„ 25. m. 8	—	—	Das Tier erstickte über Nacht in der Glocke, wegen Störung der Regulation durch eine unberufene Hand.

Tabelle III.

Versuchstier: Mittelgrosses, männliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 7. m. 10	2150	67	
	„ 8. m. 10	2040	65,5	
6.	„ 9. m. 10	2110	68	
	„ 9. a. 3	2050	67	Nach 5 Stunden 420 mm Hg.
	„ 9. a. $8^1/_2$		65	Nach weiteren $5^1/_2$ Stunden 300 mm Hg.
	„ 10. m. $9^1/_2$	1900	76	Nach weiteren 13 Stunden 380 mm Hg. (Das Tier hat frisches Gras gefressen.)
7.	„ 13. a. 1	2060	63	
	„ 14. m. 9	1920	62,5	Nach 20 Stunden 300 mm Hg.
	„ 14. a. 4		61	
	„ 15. m. 11	2080	61	
	„ 15. a. 3	—	61	
	„ 16. m. 11	2040	61	
	„ 17. a 1	2070	61	
8.	„ 18. a. 4	2140	65	
	„ 19. m. 11	2000	69	Nach 19 Stunden 320 mm Hg.
	„ 19. a. 4	2060	66	
	„ 20. m. 9	—	63	
	„ 21. a. 2	2200	65	
	„ 22. a. 2	2160	65	
	„ 23. a. 3	2220	65	
	„ 24. m. 9	2180	69	
	„ 26. m. 10	2290	66	
	„ 26. a. 2	2290	66	
	„ 27. m. 11	2300	64,5	

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
9.	Jan. 30. m. 8	2420	63	
	„ 30. m. 10	2420	58,5	Nach 1 1/2 Stunden 400 mm Hg. (Tier frisst.)
	„ 30. a. 1	2400	58	Nach einer weitern Stunde 400 mm.
	„ 30. a. 3	2370	59,5	Nach weiteren 2 Stunden 400 mm. (Das Tier frisst munter.)
	„ 31. m. 8	2320	63	Nach weiteren 16 Stunden 400 mm. (Das Tier hat gefressen.)
	„ 31. a. 1	2370	59,5	
	„ 31. a. 4	2390	58,5	
10.	Febr. 3. m. 11	2480	63,5	
	„ 4. m. 9	2530	65	Nach 20 1/2 Stunden 380 mm Hg.
	„ 4. a. 3	—	58	
	„ 5. m. 11	2530	58	
	„ 6. m. 8	2590	60,5	
	„ 11. m. 11	—	60,5	

Tabelle IV.

Versuchstier: Mittelgrosses Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 8. m. 9	1450	69	
11.	„ 10. m. 9	1450	69	
	„ 10. a. 3	—	66	Nach 4 Stunden 360 mm Hg.
	„ 11. m. 10	1300	70	Nach weiteren 18 Stunden 340 mm Hg.
	„ 14. m. 11	—	65,5	
	„ 15. a. 4	—	63	

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 16. m. 11	1480	66	
12. a	„ 19. m. 11	1640	64	
	„ 20. m. 10	1490	59	Nach 19 Stunden 320 mm Hg. (Der Druck ging während der Nacht unter 300. Das Tier hat nichts gefressen, ist aber munter.)
	„ 20. a. 2	1450	59	Nach weiteren 2 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier ist munter, frisst.)
b	„ 21. m. 10	1510	68	Nach weiteren 20 Stunden 380 mm. (Das Tier frisst tüchtig.)
	„ 21. a. 3		61	
	„ 22. a. 2	1620	60	
	„ 23. a. 3	1690	60	
	„ 24. m. 10	1670	62	
	„ 26. a. 2	1720	62,5	
	„ 27. a. 3	1750	61,5	
13.	„ 28. m. 11	1780	60,5	
	„ 28. a. 2	1770	58	Nach 3 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier ist munter, frisst. 120 Atemzüge pro Minute.)
	„ 29. m. 10	1710	66,5	Nach weiteren 18 Stunden 400 mm. (Das Tier sehr munter, hat gefressen.)
	„ 29. a. 1	1710	60	
	„ 29. a. 2	1690	59	
	„ 31. m. 8	1780	57	
	Febr. 7. m. 10	1950	62,5	
	„ 10. a. 3	2120	60,5	
	„ 11. m. 10	2080	60	

Tabelle V.

Versuchstier: Kleines Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 12. m. 11	1500	60	
	„ 12. a. 5	—	60	
	„ 13. m. 11	—	59,5	
14.	„ 14. m. 10	1540	59	
	„ 14. a. $2^1/_2$		58,5	Nach 4 Stunden 300 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 15. m. 9	1300	68	Nach weiteren 19 Stunden 340 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 15. a. 3	—	68	Nach weiteren 4 Stunden 300 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 16. m. 9	—	64,5	Nach weiteren 17 Stunden 340 mm Hg. (Das Tier frisst nicht. Hat Durchfall.)
	„ 16. m. $11^1/_2$	1160	62	
	„ 16. a. 3	—	60	
	„ 17. m. 11	1110	62,5	(Der Durchfall dauert an.)
	„ 18. m. 11	1060	51	(Tier am Sterben.)
	„ 18. m. $11^1{}_2$	—	—	† Exitus.

Tabelle VI.

Versuchstier: Kleines männliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 18. m. 10	1610	58	
	„ 19. m. 11	1620	53	
	„ 20. m. 11	1640	48,5	
	„ 21. m. 11	1720	50	
	„ 22. m. 11	1700	50	
	„ 23. a. 3	1770	50	
	„ 24. m. 9	1690	50	
	„ 25. a. 4	1770	47,5	
	„ 26. m. 11	1700	47,5	
	„ 27. a. $1^1/_2$	1770	46	
	„ 28. a. 2	1810	47,5	
	„ 31. m. 10	1780	53,5	
	Febr. 3. m. 10	1880	56	
	„ 3. a. 4	2000	53,5	
	„ 4. m. 11	1900	52,5	
	„ 5. m. 9	1870	54,5	
15.	„ 6. m. 11	1790	57,5*	Nach 23 Stunden 380 mm. (Das Tier munter, aber zeigt wenig Appetit.)
	„ 6. a. 3	1730	51,5	
	„ 7. m. 9	1770	51,5	
	„ 8. m. 11	1700	55	
	„ 10. m. 11	1750	58,5	
	„ 11. m. 10	1700	60	

*) Dieser Wert wurde in übereinstimmender Weise am Carotis-, wie am Ohrvenen-Blut gefunden.

Tabelle VII.

Versuchstier: Kleines, weibliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 23. a. 3	1600	62,5	
	„ 24. m. 11	1520	62	
	„ 26. a. 2	1470	58	
	„ 27. m. 11	1550	57,5	
	„ 28. a. 2	1600	56	
	„ 29. a. 2	1540	53	
	„ 31. m. 10	1520	57,5	
	Febr. 3. m. 11	1650	57,5	
	„ 3. a. 4	1700	56,5	
	„ 4. m. 10	1670	53,5	
	„ 6. m. 10	1700	53,5	
	„ 7. m. 10	1720	57,5	
	„ 10. m. 10	1760	62,5	
	„ 11. m. 11	1760	60,5	
	„ 13. m. 9	1850	60	
16.	„ 13. a. 2	1790	61,5	Nach 4 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 13. a. 4	—	62,5	Nach 2 weiteren Stunden 400 mm. (Das Tier frisst.)
	„ 14. m. 9	1740	62	Nach weiteren 16 Stunden 400 mm.

Tabelle VIII.

Versuchstier: Weibliches, kleines Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 23. a. 4	1420	62,5	
	„ 24. m. 10	1500	63	
	„ 25. a. 1	1520	57	
	„ 26. a. 2	1540	57,5	
17.	„ 27. m. 11	1540	58	
	„ 27. a. 1	1530	57,5	Nach 2 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier ist munter.)
	„ 28. m. 10	1480	63,5	Nach weiteren 19 Stunden 380 mm. (Einmal sinkt der Druck auf 200 mm. Keinerlei üble Fogle bemerkbar. Das Tier frisst tüchtig.)
	„ 28. a. 2	1480	55,5	
	„ 29. m. 10	1530	52,5	
	„ 31. m. 11	—	62,5	
	Feb. 3. m. 11 1/2	1650	62,5	
	„ 3. a. 5	1730	60,5	
18.	„ 4. m. 10	1670	60 *	
	„ 5. m. 10	1580	66,5*	Nach 22 1/2 Stunden 400 mm.
	„ 5. a. 3	1500	61,5	
	„ 6. m. 9	1430	62,5	
	„ 7. m. 10	1470	60	
	„ 10. m. 10	1560	60,5	

*) Dieser Wert wird in übereinstimmender Weise am Carotis- und Ohrvenen-Blut gefunden.

Tabelle IX.

Versuchstier: Kleines, männliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Jan. 23. a. 5	1670	62,5	
	„ 24. m. 11	1750	58,5	
	„ 25. a. 1	1800	58,5	
	„ 25. a. 4	1780	59	Nach 3 Stunden 480 mm.
19. a)	„ 26. m. 10	1700	64	Nach weiteren 17 Stunden 420 mm. (Das Tier frisst.)
	„ 26. a. 3	1630	60	Nach weiteren 4 Stunden 420 mm Hg. (Das Tier frisst. Lässt viel Urin.)
b	„ 27. m. 9	1650	63	Nach weiteren 19 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier sehr munter.)
	„ 27. a. 2	1630	55	
	„ 28. a. 2	1650	53,5	
	„ 29. m. 10	1570	56,5	
	„ 31. m. 10	1520	58,5	
	Febr. 3. m. 10	1640	60	
	„ 3. a. 4	1700	56,5	
	„ 4. m. 8	1670	58,5	
	„ 4. a. 4	—	57,5	
	„ 5. a. 3	1620	57,5	
	„ 6. m. 9	1700	57,5	
20.	„ 7. m. 11	1600	64,5*	Nach 24 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier ist munter. Frisst gut.)
	„ 8. m. 10	1610	56,5	
	„ 10. m. 9	1600	64,5	
	„ 11. a. 1	1620	62,5	

*) Dieser Wert wird in übereinstimmender Weise am Carotis- und am Ohrvenen-Blut gefunden.

Tabelle X.

Versuchstier: Mittelgrosses, weibliches Albino-Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Febr. 7. m. 9	2430	62,5	
21.	„ 10. m. 8	2500	63,5	
	„ 10. m. 11	—	60,5	Nach 2 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier schläfrig, frisst nicht.)
	„ 10. a. 1	2420	60	Nach weiteren 2 Stunden 400 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 11. m. 10	2330	58	Nach weiteren 17 Stunden. (Hat etwas gefressen, ist munter.)
	„ 11. a. 2	2390	58	

Tabelle XI.

Versuchstier: Kleines, weibliches Kaninchen.

V.-N.	Datum:	G.	H.	Bemerkungen.
	Feb. 13. m. 10	1550	56	
22.	„ 14. m. 11	1530	57	
	„ 15. m. 9	1420	57,5	Nach 21 Stunden 380 mm Hg. (Das Tier frisst nicht.)
	„ 16. m.	1380	57	

Ergebnisse.

Die beiliegenden Tabellen geben Aufschluss über den täglichen Stand des Hämoglobingehalts bei elf im Allgemeinen unter dem gewöhnlichen Luftdruck lebenden, durchschnittlich drei Wochen lang beobachteten und im Verlauf dieser Zeit ein oder mehrere Male der Druckerniedrigung ausgesetzten Kaninchen. Es ist aus denselben ersichtlich, dass

2 Versuche mit 6stündiger Dauer,
17 Versuche mit 24stündiger Dauer
und 3 Versuche mit 48stündiger Dauer

stattfanden.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse sind dieser Arbeit am Schlusse eine Anzahl Kurven beigegeben (Tafel II), welche das Verhalten des Hämoglobins bei gewöhnlichem Druck und während der Druckerniedrigung graphisch darstellen.

Die Zahlenreihen der Tabellen zeigen, dass die Kurve des Hämoglobingehalts beim unbeeinflussten Tier gewöhnlich eine Wellenbewegung beschreibt (siehe Tabelle VI, VII und VIII, sowie Kurve A im Anhang), die eine Amplitude von 6—8 Skalenteilen besitzt und die den Weg von einem Umkehrpunkte zum andern in vier, seltener in zwei und nur ausnahmsweise in einem Tag zurücklegt.

Diese Wellen, die übrigens zeitweilig von fast geradlinigem Fortlauf unterbrochen sind, können wir als normale bezeichnen.

Im Gegensatz hiezu sehen wir während der 24stündigen Druckerniedrigung und während den, der Aufhebung derselben unmittelbar folgenden 24 Stunden eine Welle auftreten, deren Amplitude durchschnittlich die gleiche ist, die aber diese Amplitude schon in 6 bis 12 Stunden zurücklegt, und zwar in der ersten Hälfte des Versuchs in absteigendem, in der zweiten Hälfte in aufsteigendem, und in den der Aufhebung der Druckerniedri-

gung nachfolgenden 24 Stunden zuerst in absteigendem, dann in aufsteigendem Sinne (siehe Tafel II, Kurve B und Kurve 1—22).

Diese Welle unterscheidet sich also von der normalen:

1. durch kürzere Wellenlänge bei gleichbleibender Amplitude (also durch steilere An- und Abstiege);
2. dadurch, dass ihre Umkehrpunkte eine konstante zeitliche Beziehung zum Beginn und zur Aufhebung der Druckerniedrigung haben.

Eine graphische Darstellung findet dieses Verhalten in der Kurve B. Dieselbe entsteht, wenn man den durchschnittlichen Stand des Hämoglobins in den 22 Versuchen zu der betreffenden von der Abscisse angegebenen Versuchszeit als Ordinate aufträgt.

Im Einklang hiemit zeigt der Ueberblick über die Kurven 1—22, welche die Schwankung des Hämoglobingehalts während jedes einzelnen Versuches darstellen, dass die überwiegende Mehrzahl derselben ausgesprochen den Typus B trägt.

Es fanden zwei Versuche mit sechsstündiger Dauer statt (Versuch 2 und 3). Die Kurven beider weisen die anfängliche Senkung auf, welche den Typus B kennzeichnet. Es folgen die Kurven von 17 Versuchen mit 24stündiger Dauer. Elf derselben tragen den Typus B. Sechs derselben haben eine mehr oder weniger veränderte Gestalt.

So erscheint in der Kurve 1 und 4 die Erhebung erst einige Stunden nach der Aufhebung der Druckerniedrigung, im Versuch 16 dagegen schon nach sechs Stunden. Jedesmal ist die Erhebung eine ungewöhnlich schwache. In den Versuchen 7 und 21 beschreibt die Kurve eine einfache Senkung. In Versuch 22 endlich verläuft sie annähernd gerade.

Eine Erklärung für dieses abweichende Verhalten lässt sich nicht geben. Doch kommt wohl der Tatsache einige Bedeutung zu, dass in der Mehrzahl der Versuche

mit typisch verlaufender Kurve das Tier sein Wohlbefinden durch tüchtige Fresslust an den Tag legte, während bei den Versuchen mit abweichend verlaufender Kurve der meist schlechte Appetit auf eine gewisse Störung des Wohlbefindens schliessen liess.

In den Versuchen 12, 14 und 19 wird der Aufenthalt in der Glocke auf 48 Stunden verlängert.

In Kurve 12 fehlt die Erhebung nach 24 Stunden, was mit einer fehlerhaften starken Senkung des Drucks während der Nacht zusammenhängen kann. In der zweiten Nacht stellt sich die Erhebung ein und schlägt dann nach der Befreiung des Tieres in die typische Senkung um. In Versuch 14 tritt die typische Welle zu gewohnter Zeit ein und hält unter der verlängerten Wirkung der verdünnten Luft bis zum dritten Morgen an, um nach erfolgter Befreiung des Tieres den typischen Abfall zu vollziehen. In allem wesentlichen gleich verläuft die Kurve in Versuch 19.

Es weist also auch in den Versuchen von 48stündiger Dauer die Kurve die typischen Züge auf:

1. die starke, im Lauf des Versuchs sich einstellende Erhebung;
2. Der rapide Abfall nach der Befreiung.

Der Abfall zu Beginn des Versuchs tritt in einem Fall ein, im zweiten Fall nicht, im dritten Fall fehlt die betreffende Beobachtung.

Zugleich zeigen diese Kurven auch, dass die längere Dauer des Versuchs eine längere Dauer der Erhebung mit sich führt, womit der Vermutung Raum geschaffen wird, dass bei weiter fortgesetztem Aufenthalt in der Glocke der erreichte hohe Stand des Hämoglobins andauern würde.

Es werden somit unter den sämtlichen 22 Versuchen 16, also eine starke Mehrheit, von der Welle B begleitet. Diese ist also eine Folgeerscheinung des Versuchs, d. h. der Ausdruck einer von der Druck-

erniedrigung und dem nachfolgenden Wiederanstiege des Drucks bedingten Schwankung des Hämoglobingehalts.

Dass in 6 Versuchen die Schwankung nicht oder in etwas veränderter Weise eintritt, stürzt diesen Kausalzusammenhang nicht um, zeigt aber, dass Unterschiede der Individualität und der momentanen Disposition einen Einfluss auf die Art und Weise ausüben, mit der der Organismus auf den äussern Impuls reagiert. Setzen wir nun dasjenige Verhalten dieser beiden Faktoren für die Gesamtheit voraus, welches bei der Mehrheit vorwaltete, so liefern die vorgelegten Beobachtungen den Beweis für folgende Behauptung:

Der 24stündige Aufenthalt in einer Atmosphäre, deren Druck bei unveränderter Zusammesetzung auf 400 mm Hg. herabgesetzt ist, bewirkt am Kaninchen folgende Schwankung des Hämoglobingehaltes im kreisenden Blut:

während den ersten 10 Stunden:

eine Verminderung von 1—5 Skalenteilen;

während den folgenden 14 Stunden:

eine Vermehrung von 1—18 Skalenteilen.

Die jetzt stattfindende Rückversetzung in den gewöhnlichen Druck bewirkt in den folgenden 24 Stunden:

eine Verminderung von 1—5 Skalenteilen mit nachfolgender langsamer Vermehrung bis zum ursprünglichen Bestand.

Besprechung der Ergebnisse.

Die umfangreichen, alle Bestandteile des Blutes in den Kreis der Beobachtung ziehenden Untersuchungen, welche zahlreiche Forscher bald an Mensch und Tier im

Hochgebirge oder im Ballon, bald an Versuchstieren in der Luftglocke angestellt haben, kommen übereinstimmend zum Schlusse, dass die verdünnte Luft eine Vermehrung der Blutkörperchenzahl und des Hämoglobingehalts hervorbringt.

Meine Versuche zeigen, dass der Aufenthalt in verdünnter Luft innerhalb 24 Stunden eine deutliche Vermehrung des Hämoglobingehalts bewirkt.

Dieses Ergebnis steht also hinsichtlich einer der Wirkungen des niedrigen Luftdrucks aufs Blut mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen im Einklang. Unter den Arbeiten, welche die Zeit bestimmen, binnen welcher jene Wirkung an dem in raschestem Uebergang von dem gewöhnlichen in den erniedrigten Luftdruck übergeführten Organismus eintritt, ist mir nur diejenige von Schauman und Rosenqvist bekannt. Diese beiden Forscher verlegen den Zeitpunkt, in welchem die Vermehrung zu Tage tritt, auf den fünften bis zehnten Tag.

Die Abweichung dieses Befundes von dem meinigen scheint mir durch die Abweichung der Versuchsbedingungen erklärbar zu sein.

Aus der Beschreibung, die Schaumann und Rosenqvist von ihren Versuchen geben, lässt sich entnehmen:

1. Die Versuchtiere zeigten in den ersten Tagen schlechten Appetit.
2. Die verwendeten Drucke betrugen 450—480 mm Hp.
3. Der CO_2gehalt in der Glocke betrug 10 ‰.

Aus meinen Versuchsprotokollen ist ersichtlich:

1. dass die meisten Tiere ihre Fresslust bewahrten,
2. dass die verwendeten Drucke zwischen 300 und 400 mm Hp. lagen.
3. Die oben angeführte Rechnung ergibt, dass der CO_2gehalt in meiner Glocke 2,058 ‰ nicht überstieg.

Meine unter hohem Wasserdruck arbeitenden Pumpen bewirkten also eine nahezu einwandfreie

Ventilation, während die Pumpwirkung und damit die Ventilation bei den Versuchen jener Forscher offenbar nicht stark genug war, um eine beträchtlich grössere Anhäufung von CO_2 in der Glocke zu verhindern.

Dieser letzte Unterschied ist zweifelsohne von grosser Bedeutung; wie denn jene beiden Forscher auch ausdrücklich betonen, dass der hohe CO_2gehalt in ihren Versuchen hemmend auf die Hämoglobinbildung eingewirkt haben könnte.

Auch war die Versuchsanordnung eine andere, indem jene Autoren die Wirkung eines wochenlangen Aufenthaltes in verdünnter Luft von Tag zu Tag bestimmten, ich dagegen die $^1/_2$ bis 2 Tage lang dauernde Einwirkung dieses Faktors und die Wirkung der Rückversetzung in den gewöhnlichen Druck von Stunde zu Stunde feststellte. Dies letztere Verfahren beobachtet dagegen auch Gaule in den Untersuchungen, die er im Oktober 1901 im Luftballon feststellte.

Gaule untersucht in einer Höhe von ungefähr 4000 m Blutkörperchenzahl, specifisches Gewicht und Hämoglobingehalt am Blute von drei Personen, an denen die genannten Qualitäten vor dem Aufstieg bestimmt worden waren und findet bei gleichbleibendem specifischem Gewicht und einer starken Vermehrung der roten Blutkörperchen eine Verminderung des Hämoglobins. Der Umschlag der Verminderung in Vermehrung konnte in diesen Versuchen nicht zur Beobachtung gelangen, da derselbe frühestens nach 10 Stunden eintritt, während der Ballon zu dieser Zeit die hohen Regionen schon verlassen hatte. Doch erblickt Gaule, wie aus seiner Lehre, die er auf Grund seiner im Ballon gewonnenen und durch Versuche mit der pneumatischen Glocke ergänzten Erfahrungen entwickelt, hervorgeht, in der Vermehrung der Erythrocyten nur das erste Stadium des ganzen Vorgangs, dem alsbald ein zweites nachfolgt, welches die Vermehrung des Hämoglobins mit sich bringt. Meine Befunde stimmen also

mit denjenigen der genannten Forscher darin überein, dass sie feststellen: das Verhältnis des Hämoglobins zum Blutserum ist nach einem Aufenthalt des Tieres in verdünnter Luft ein höheres als vor demselben. Diese Vermehrung des Hämoglobins im Verhältnis zum Serum haben alle Forscher festgestellt, die die Wirkungen der verdünnten Luft aufs Blut verfolgt haben.

In auffälligem Gegensatz zu der Uebereinstimmung im Untersuchungsergebnis steht nun aber die Verschiedenartigkeit der Deutung, die dasselbe seitens der verschiedenen Forscher erfuhr, und so sehen wir sechs verschiedene Hypothesen die Anschauungen wiederspiegeln, die sich die einzelnen Autoren von den Vorgängen gebildet haben, welche sich unter der Einwirkung der verdünnten Luft in Blut und blutbildenden Organen abspielen.

Wenn irgendwo die Lehre von den Naturvorgängen den Zusammenhang zwischen zwei bekannten Erscheinungen durch eine Hypothese herzustellen genötigt ist, da kann eine neue Untersuchung die Erkenntnis fördern, indem sie an die Stelle der Spekulation die beobachtete Tatsache setzt. Sehen wir zu, wie sich unsere Beobachtungen zu den sechs bis jetzt zur Erklärung jener Zunahme des Hämoglobins im circulierenden Blut aufgestellten Hypothesen verhalten.

Drei dieser Lehren, nämlich die von Zuntz, die von Bunge und die von Grawitz haben die gemeinsame Eigenschaft, die Zunahme des Verhältnisses von Hämoglobin zu Serum als auf der Abnahme des letztern beruhend aufzufassen. Die drei anderen Lehren, nämlich die von Fick, von Winternitz und von Egger, mit welch letzterm Gaule, sowie Schauman und Rosenqvist im wesentlichen übereinstimmen, haben das Gemeinsame, dass sie die Zunahme jener Verhältniszahl als eine auf der Zunahme des Zählers beruhende darstellen.

Nach der Anschauung von Zuntz führt die verdünnte Luft eine Reizung des Nervensystems herbei, die eine

Veränderung in der Weite der Gefässe und in der Blutspannung hervorbringt und dadurch eine ungleiche Verteilung der roten Blutkörperchen im Gefässsystem, eine Häufung derselben in den kleinen und ein Mangel an denselben in den grossen Gefässen hervorbringt. Unter diesen Umständen wird in der einem kleinen Gefäss entnommenen Kubikeinheit der Quotient aus Hämoglobinmenge und Serummenge zugenommen haben, und dennoch die Gesamtmenge des Hämoglobins im Blut dieselbe geblieben sein.

Nun ergeben aber meine Beobachtungen, dass nach einem Aufenthalt in der verdünnten Luft der einem grossen Gefäss entnommene Blutstropfen genau dieselbe Zunahme des Verhältnisses zwischen Hämoglobinmenge und Serummenge aufweist, wie der aus einer Capillare gewonnene. Wie ich in dem Abschnitt über die Blutentnahme erwähnte, wurde einmal unmittelbar vor und dreimal sogleich nach dem Versuch das den Ohrcapillaren entnommene Blut mit dem aus der Carotis gewonnenen verglichen, wobei sich jedesmal völlige Uebereinstimmung ergab. (Tabelle VI, 6. Februar, Tabelle VIII, 4. und 5. Februar, Tabelle IX, 7. Februar.) Hiemit ist die gleichmässige Veränderung jenes Verhältnisses in der ganzen Blutsäule nachgewiesen. Dieselbe kann also nicht auf einer ungleichen Verteilung der roten Blutkörperchen beruhen.

Auch mit den Anschauungen von Grawitz und Bunge stehen unsere Beobachtungen im Widerspruch. Die Lehren dieser Forscher behaupten gemeinsam, dass unter der Einwirkung der Höhenluft eine Verarmung des Blutes an Wasser stattfinde und dass demgemäss die Zunahme der vom Hämoglobinometer angegebenen Verhältniszahl auf der Abnahme des Nenners beruhe.

Nun müsste aber mit dem Wasserverlust des Blutes ein Wasserverlust aller Gewebsäfte, d. h. ein beträchtlicher Gewichtsverlust einhergehen, da der Organismus

ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem Concentrationsgrad des Blutes und dem der Gewebsäfte festhält. Und umgekehrt müsste in der Zeit des rapiden Sinkens des Hämoglobingehalts die Verwässerung des Blutes von einer allgemeinen Wasseraufnahme des Körpers, d. h. einer Gewichtszunahme begleitet sein. Bilden wir an Hand der Tabellen für alle Versuche, die ein Ansteigen des Hämoglobingehaltes erzielten, den Durchschnitt aus den Differenzen zwischen Gewicht zu Anfang und Gewicht zu Ende des Glockenaufenthaltes, so erhalten wir — 85 gr. Es fand also während dem Glockenaufenthalt durchschnittlich eine Gewichtsverminderung von 85 gr. statt. Bilden wir den Durchschnitt aus den Differenzen zwischen Gewicht am Ende des Glockenaufenthaltes und dem Gewicht etwa sechs Stunden nach diesem Zeitpunkt (binnen welchem Zeitabschnitt ein rapider Abfall des Hämoglobingehaltes stattfindet), so erhalten wir — 20 gr., d. h. das Gewicht der Versuchstiere erfährt innert sechs Stunden nach der Rückversetzung in den gewöhnlichen Luftdruck eine zweite kleinere Senkung.

Es folgt hier die Berechnung obiger Durchschnittszahlen.

(Die unter I aufgeführten Zahlen geben die im Laufe des Glockenaufenthalts eingetretenen Gewichtsveränderungen in denjenigen Versuchen an, die eine Steigerung des Hämoglobingehalts erzielten. Die unter II aufgeführten Zahlen geben die nach der Rückversetzung in den gewöhnlichen Druck eingetretenen Gewichtsveränderungen in denjenigen Fällen an, in denen in diesem Zeitabschitt ein Abfall des Hämoglobingehalts erfolgte.)

V. N.	I. G. D.	V. N.	II. G. D.
5.	— 90	5.	— 20
6.	— 210	8.	+ 60
8.	— 140	9.	+ 50
10.	+ 50	10.	00
11.	— 150	13.	— 20
12b.	+ 60	14.	— 140

V. N.	I.	G. D.	V. N.	II.	G. D.
13.		— 70	15.		— 60
14.		— 240	17.		00
15.		— 80	18.		— 80
17.		— 60	19.		— 20
18.		— 90	20.		+ 10
19a.		— 100			— 220
19b.		+ 20		—220 : 11 =	—20
20.		— 100			
		—1200			
—1200 : 14 =		—85			

Anmerkung. V. N. = Nummer des Versuchs.
G. D. = Gewichtsdifferenz.

Diese Zahlen geben das Verhalten des Gesamtgewichts an. Wollen wir aus ihnen auf das Verhalten des einen Complements des Gesamtgewichts, nämlich des Gewichts des eigentlichen Körpergewebes schliessen, so müssen wir das Verhalten des andern Complements, des Darminhaltes, kennen und in Abzug bringen. Nun konnte das jeweilige Gewicht des Darminhaltes (aufgenommme Speise + Fæces + Urin) nicht zahlenmässig bestimmt werden. Es ergibt die Ueberlegung aber, dass bei einer grössern Anzahl von Tieren zu verschiedenen Zeitpunkten das durchschnittliche Gewicht des Darminhaltes nur dann verschieden sein wird, wenn in dem Zeitintervall Ursachen einwirkten, die entweder eine vermehrte oder verminderte Nahrungsaufnahme, oder eine vermehrte oder verminderte Ausscheidung der Excremente herbeiführen. Liegen solche Ursachen nicht vor, dann wird in jedem Zeitpunkt die Darmbelastung um ebensoviel bei dem einen Teil der Individuen über das Mittel hinausgehen, als es bei dem andern Teil unter dasselbe gesunken ist, d. h. zu verschiedenen Zeitpunkten wird das durchschnittliche Gewicht des Darminhalts dasselbe sein. Die Beobachtung unserer Versuchstiere lehrte uns, dass während des Glockenaufenthalts die Nahrungsaufnahme etwas vermin-

dert, die Ausscheidung dagegen reichlich war, und dass in dem darauffolgenden Zeitabschnitt die Darmentleerung nicht vermehrt und die Nahrungsaufnahme reichlich war. Hiernach hätten wir zu Ende des Glockenaufenthalts ein Sinken des Gesamtgewichts und während dem auf die Befreiung folgenden Zeitabschnitt ein Stehenbleiben oder ein Wiederansteigen des Gewichts zu erwarten. Der Eindickungstheorie zufolge müsste das andere Complement des Gesamtgewichts, das Gewicht der eigentlichen Körpergewebe, im ersten Zeitabschnitt sinken, im zweiten Zeitabschnitt um ebensoviel ansteigen. Demnach müssten sich im ersten Zeitabschnitt zwei Senkungen und im zweiten Zeitabschnitt zwei Erhebungen addieren. Somit wäre im ersten Zeitabschnitt eine starke Senkung, im zweiten eine ebenso starke Erhebung zu erwarten.

Nun zeigen aber die beiden oben angeführten Durchschnittszahlen, dass im ersten Abschnitt eine starke Senkung, im zweiten Abschnitt aber eine weitere schwache Senkung erfolgt, d. h. das Verhalten des Gesamtgewichts weist die Veränderungen **nicht** auf, die es nach der Eindickungstheorie erfahren müsste. Die Abnahme des Gesamtgewichts im Zeitraum II deutet mit Sicherheit, diejenige im Zeitraum I mit Wahrscheinlichkeit auf eine Abnahme des Gewichts der Körpergewebe während den betreffenden Zeiträumen.

Meine Behauptung, dass das Verhalten des Körpergewichts im Widerspruch mit der Grawitzschen Hypothese steht, wird bekräftigt durch folgenden Umstand:

Wenn wir für die Fälle, in welchen unter der Glocke **keine** Vermehrung des Hämoglobingehalts eintrat, die durchschnittliche Differenz zwischen Gewicht zu Beginn und Gewicht zu Ende des Glockenaufenthalts bestimmen, so erhalten wir —101 gr. Bestimmen wir für die Fälle, in denen in dem auf den Glockenaufenthalt folgenden (6 bis 24 Stunden langen) Zeitabschnitt **kein** Abfall des Hämoglobingehalts eintrat, die durchschnittliche Differenz

zwischen Anfangs- und Endgewicht, so erhalten wir —23. Es folgt hier die Berechnung dieser Durchschnitte:

(Unter I stehen die im ersten, unter II die im zweiten Zeitabschnitt erreichten Gewichtsdifferenzen.)

V. N.	I.	G. D.	V. N.	II.	G. D.
1.		— 110	1.		— 90
2.		— 30	21.		+ 60
3.		— 75	22.		— 40
4.		— 80			— 70
7.		— 140		—70 : 3 = —23	
9.		— 100			
12a.		— 150			
16.		— 50			
21.		— 170			
22.		— 110			
		—1105			
—1015 : 10 = —101					

Wie ersichtlich erfolgt **auch hier** im ersten Abschnitt eine starke, im zweiten Abschnitt eine schwächere Senkung.

Tiere, bei denen der Hämoglobingehalt unverändert bleibt, erleiden also dieselbe Veränderung des Gewichts der Körpergewebe, wie diejenige mit verändertem Hämoglobingehalt. Der schwankende Wassergehalt des Blutes kann also nicht die Ursache der Schwankung sein, die der Quotient aus Hämoglobinmenge und Serummenge unter dem Einfluss der Höhenluft erfährt.

Gegen die Hypothese von Bunge, nach welcher die Hämoglobinzunahme eine scheinbare, auf einer mit einem Wasserverlust des Blutes einhergehenden Gefässverengerung beruhende ist, lässt sich ausserdem einwenden, dass sie die Tatsache, dass unter der Glocke zuerst eine Verminderung und dann eine Vermehrung des Hämoglobins erfolgt, nicht erklärt, indem nicht verständlich ist, warum der gleiche äussere Impuls zuerst gefässerweiternd und dann gefässverengernd wirken sollte.

Im Anschluss an die Bungesche Hypothese ist die Arbeit Abderhaldens zu besprechen.

Auch er huldigt der Ueberzeugung, dass die Zunahme des Verhältnisses zwischen Hämoglobinmenge und Serummenge nicht auf einer Zunahme des Zählers, sondern auf einer Abnahme des Nenners beruhe. Dabei erblickt er in seinen Ergebnissen den Beweis für die Richtigkeit der Vorstellung, durch welche Bunge die Abnahme des Nenners erklärt.

Abderhalden bestimmte an Tieren gleichen Wurfes, von denen die einen im Tiefland, die anderen im Hochgebirge aufgezogen worden waren, Hämoglobin und Erythrocytenzahl in der Kubikeinheit des circulierenden Blutes, sowie die Zahl der darin auftretenden Kernteilungsfiguren und Schatten. Sodann bestimmte er die genannten Grössen an den Hochgebirgstieren nach deren Versetzung ins Tiefland. Schliesslich bestimmte er an den letzteren die Gesamtmenge des Hämoglobins im Körper einerseits unmittelbar bei Ankunft in der Tiefe, in welchem Moment das Verhältnis zwischen Hämoglobin und Serum im Blut noch ein hohes ist, anderseits in einem spätern Zeitpunkt, in welchem dieses Verhältnis auf die für das Tiefland gewöhnliche Norm herabgesunken war. Er fand hiebei:

1. Der Aufenthalt im Hochgebirge bewirkt eine Zunahme der Hämoglobinmenge und der Erythrocytenzahl in der Kubikeinheit des circulierenden Blutes. Die Zunahme dieser beiden Grössen geschieht genau im selben Verhältnis.
2. Kernhaltige rote Blutkörperchen und Kernteilungsfiguren treten dabei nicht in vermehrter Weise auf.
3. Die Gesamtmenge des Hämoglobins im Körper bleibt bei wechselndem Hämoglobingehalt des Blutes konstant.

Diese Ergebnisse bilden unserem Erachten nach keineswegs einen Beleg für die Richtigkeit der Bunge-

schen Hypothese im besondern, sondern könnten ebensogut für eine jede der anderen Lehren, die die Zunahme des Hämoglobins in der Kubikeinheit als eine relative erklären, ins Feld geführt werden. Aber auch als Stützen für die Behauptung im allgemeinen, die Erhöhung des Verhältnisses von Hämoglobin zu Serum beruhe auf einer Abnahme des letztern, sind sie anfechtbar.

Dem ersten Satze Abderhaldens ist entgegenzuhalten:

1. Die Beobachtungen Gaules, nach welchen sich in den ersten sechs Stunden nach Versetzung in die Höhenluft das Verhältnis von Erythrocytenzahl zu Serummenge steigt, während das Verhältnis von Hämoglobinmenge zu Serummenge sinkt.
2. Meine Beobachtungen, welche ebenfalls innert dieser Periode eine Herabsetzung des letztgenannten Verhältnisses ergeben.
3. Die Beobachtungen von Schauman und Rosenqvist, die gleicherweise feststellen, dass Erythrocytenzahl und Hämoglobinmenge in der Kubikeinheit nicht im selben Masse ansteigen, sondern dass zuerst die Erythrocytenzahl und später erst die Hämoglobinmenge wächst.

In diesen Beobachtungen liegt der Beweis dafür, dass die Zunahme des Quotienten aus Hämoglobinmenge und Serummenge auf der Zunahme der erstern beruht. Wäre diese Zunahme durch eine Abnahme der Serummenge bedingt, so müsste die relative Hämoglobinmenge und die relative Erythrocytenzahl zu gleicher Zeit und im gleichen Verhältnis ansteigen.

Dem zweiten Satze Abderhaldens sind entgegenzuhalten:

Die Beobachtungen Eggers, Gaules, Schaumans und Rosenqvists, nach welchen zur Zeit der Zunahme der Hämoglobinmenge in der Kubikeinheit kernhaltige, rote Blutkörperchen in vermehrter Anzahl im Blut kreisen.

Aus seinem dritten Satze, nach welchem der Gesamthämoglobingehalt des Körpers konstant bleibt, während das Verhältnis von Hämoglobinmenge zu Serummenge im Blut steigt, zieht Abderhalden die Folgerung, dass der Anstieg dieses Verhältnisses auf der Abnahme der Serummenge beruhen müsse. Dieser Schluss ist nicht zwingend. Es besteht die Möglichkeit, dass die Gesamtmenge des Hämoglobins im Körper konstant bleibt, obgleich die im Blut kreisende Menge zunahm, weil das ausserhalb des Blutes vorhandene Hämoglobin um ebensoviel abnahm. Die Gesamtmenge des Hämoglobins im Körper kann eine Summe aus zwei Complementen darstellen, nämlich aus einem an den Bildungsstätten der roten Blutkörperchen aufgespeicherten Hämoglobinvorrat und der im Blut kreisenden Hämoglobinmenge. Das Blut kann mit Hülfe der täglich neu in dasselbe eintretenden Erythrocyten aus diesem Hämoglobinvorrat Hämoglobin an sich ziehen und dasselbe vermittelst der täglich aus ihm austretenden Erythrocyten wieder an ihn zurückgeben. Es ist ersichtlich, dass dieser Vorgang eine Vermehrung des im Blut kreisenden Hämoglobins herbeizuführen vermag, ohne dass sich die Summe des Gesamthämoglobins verändert.

Die Höhenluft würde hiernach zunächst keine Vergrösserung des Gesamtschatzes an Hämoglobin im Körper, wohl aber eine stärkere Ladung des Blutes mit Hämoglobin bewirken, womit die Forderung nach einer der verminderten Sauerstoffspannung der Höhenluft entsprechenden Vermehrung des sauerstoffbindenden Elementes im Blut vollkommen Genüge geleistet wäre.

Mit dieser Anschauung ist die Angabe Gaules, sowie Schaumans und Rosenqvists, dass zuerst die Erythrocytenzahl und erst später die Hämoglobinmenge im Blut

steigt, wohl zu vereinen. Auf den Anreiz der verdünnten Luft hin wird zunächst die Anzahl der in der Zeiteinheit gebildeten Erythrocyten erhöht. Dieselben sind aber zunächst schwächer mit Hämoglobin geladen und bewirken deshalb noch keine Zunahme der Hämoglobinmenge. Später dagegen befrachten sich die Erythrocyten stärker mit Hämoglobin und nun erfolgt der Anstieg der Hämoglobinmenge im Blut. Diese Befrachtung kann entweder eine Aufnahme des fertigen Hämoglobins oder eine Aufnahme der im roten Blutkörperchen erst zur Vereinigung gebrachten Bestandteile des Hämoglobins sein.

Wohl zu vereinen mit dieser Anschauung ist auch die Tatsache, dass keiner der Forscher, welche die Abnahme des Quotienten aus Hämoglobinmenge und Serummenge nach Rückversetzung in die Ebene verfolgt haben, das Auftreten von Hämoglobinurie beobachteten. Für die oben entwickelte Anschauung aber spricht überzeugend eine Beobachtung, die Bunge in seiner Abhandlung über die Eisentherapie niedergelegt hat. In derselben weist er nach, dass die Milch der Säugetiere alle Salze in demjenigen Verhältnisse enthält, in welchem ihrer der Körper zu seinem Aufbau bedarf — mit Ausnahme des Eisens. Diese Ausnahme müsste uns als ein Mangel im Schöpfungsplane erscheinen, wenn nicht für Zufluss des Eisens aus einer andern Quelle gesorgt wäre. Diese Quelle findet Bunge in einem, in einem bestimmten Teil des Körpergewebes des jungen Tieres aufgespeicherten Hämoglobinvorrat. Das Eisen, das das Blut aus der als Nahrung aufgenommenen Milch nicht empfängt, holt es sich an einem im Körper angelegten Hämoglobinstappelplatz und deckt so, indem es von ihm Hämoglobin an sich zieht, den Verlust, den es durch Abgabe dieses Stoffes an die wachsenden Körpergewebe erfährt.

Bunge stellt ferner die Tatsache fest, dass dieser Hämoglobinvorrat, der unter solchen Umständen ersichtlicherweise zur Neige gehen muss, so lange ausreicht,

bis bei der betreffenden Tiergattung die Zähne zum Durchbruch gelangen, dem Tiere erlauben, feste, eisenreiche Nahrung aufzunehmen und es so in den Stand setzen, den erschöpften innern Hämoglobinvorrat wieder anzufüllen.

Suchen wir jetzt, von der Bungeschen Wahrnehmung geleitet, nach dem Ursprung dieses Hämoglobinvorrates im jungen Tier, so gelangen wir zum mütterlichen Organismus, und in letzter Linie zu einer hier schon vor der Schwangerschaft in bestimmten Geweben aufgespeicherten Hämoglobinmasse. Aus diesem schöpft das mütterliche Blut mittels der neugebildeten Erythrocyten Hämoglobin, gibt dieses durch die Placenta hindurch an das fœtale Blut ab und dieses legt nun während des intrauterinen Daseins mittels der aus ihm austretenden Blutkörperchen an gewissen Stappelplätzen einen Hämoglobinvorrat zurück, der dem neugebornen Tiere während der ersten Zeit des extrauterinen Lebens als Zehrpfennig dient.

Wir sehen hieraus, wie diese Entdeckung Bunges von der Speisung des Blutes durch einen innern Hämoglobinvorrat während der Lactationsperiode zur Vorstellung eines im erwachsenen Organismus bestehenden, dem Blute zugänglichen Hämoglobinvorrates führt und somit die Richtigkeit unserer oben angeführten Anschauung bestätigt.

Diese Anschauung löst den scheinbaren Widerspruch zwischen dem Befund Abderhaldens, gemäss welchem nach einem Aufenthalt in der Höhe der Gesamthämoglobingehalt des Körpers nicht zunimmt, und den Beobachtungen Eggers, Gaules, Schaumanns und Rosenqvists und von mir, nach welchen unter der Einwirkung der Höhenluft die im Blut kreisende Hämoglobinmenge eine absolute Zunahme erfährt, auf, und schafft eine Vorstellung vom Zustandekommen dieser Zunahme, die nicht nur denkbar ist, sondern auch von den beobachteten Tatsachen gestützt wird.

Es bleibt uns nun noch übrig, die für die absolute Zunahme eintretenden Hypothesen zu besprechen, die wir oben genannt, aber im Laufe dieser Betrachtung noch nicht wiederzugeben Anlass gefunden haben.

Egger stellt die Zunahme des Quotienten aus Hämoglobinmenge und Serummenge während des Aufenthalts im Gebirge und die Abnahme desselben nach der Rückkehr zur Ebene fest und beobachtet das vermehrte Auftreten von kernhaltigen roten Blutkörperchen im Blut während des Höhenaufenthaltes. In dem letztaufgeführten Umstand erblickt er ein Zeichen einer vermehrten Neubildung roter Blutkörperchen und damit einer verstärkten Einfuhr von Hämoglobin ins Blut.

Fick spricht die Möglichkeit aus, es möchte die Zunahme des im Blut kreisenden Hämoglobins auf einem verlängerten Verweilen der Erythrocyten im Blut beruhen.

In der Tat würde dieses Moment eine Zunahme des Hämoglobins im Blut herbeiführen, wenn man annehmen dürfte, dass der Gehalt der Erythrocyten an Hämoglobin ein konstanter wäre.

N bedeute die Zahl der im Blute kreisenden roten Blutkörperchen.

n bedeute die Zahl der in der Zeiteinheit ins Blut ein- und austretenden roten Blutkörperchen.

t sei die Zeit ihres Verweilens im Blut,

dann ist

$$N = nt.$$

Nehmen wir nun an, es werde durch eine äussere Einwirkung t um a verlängert, so ist in einem von Beginn jener äussern Einwirkung um die Frist a entfernten Zeitmoment die Summe der jetzt im Blut kreisenden roten Blutkörperchen:

$$N_a = n\,(t + a)$$

somit ist

$$N_a = N + na$$

das heisst: die Summe der im Blut kreisenden roten Blutkörperchen ist jetzt um na grösser geworden.

Nach dieser Annahme müsste aber Hämoglobin und Erythrocytenzahl zu gleicher Zeit und im gleichen Maasse steigen, was nach den oben mitgeteilten Beobachtungen nicht der Fall ist. Ausserdem liefert die Beobachtung keinerlei Anhaltspunkte für ein längeres Verweilen der Blutkörperchen im Blut, während der Nachweis der in vermehrter Weise auftretenden kernhaltigen roten Blutkörperchen für eine vermehrte Tätigkeit der Keimstätten des Blutes und damit für eine Erhöhung der Zahl der in der Zeiteinheit ins Blut eintretenden Erythrocyten spricht. Die Annahme Ficks ist daher nicht haltbar.

Winternitz erklärt die absolute Zunahme des Hämoglobins im Blut unter der Einwirkung der Höhenluft dadurch, dass er im Körper Organe annimmt, die eine grosse Anzahl roter Bluthörperchen zu beherbergen im stande sind und dieselben auf gewisse Reize hin ans Blut abgeben, als auch später wieder an sich ziehen können. Die absolute Zunahme des Hämoglobins und die spätere Abnahme desselben ohne Hämoglobinurie würde sich durch diese Annahme wohl erklären lassen. Auch würde durch sie die Zunahme des Hämoglobins im Blut ohne eine Veränderung der Gesamtmenge des Hämoglobins im Körper verständlich. Aber auch nach dieser Auffassung müsste Hämoglobinmenge und Erythrocytenzahl gleichzeitig und im gleichen Maasse wachsen, während, wie wir oben gesehen haben, diese beiden Grössen ungleichzeitig ansteigen. Eine Anhäufung von roten Blutkörperchen als Quelle des unter der Einwirkung der Höhenluft ins Blut einziehenden Hämoglobins besteht also nicht.

Unser Bestreben, die Erhöhung der im Blut kreisenden Hämoglobinmenge zu erklären, ist daher auf die oben dargestellte Anschauung angewiesen.

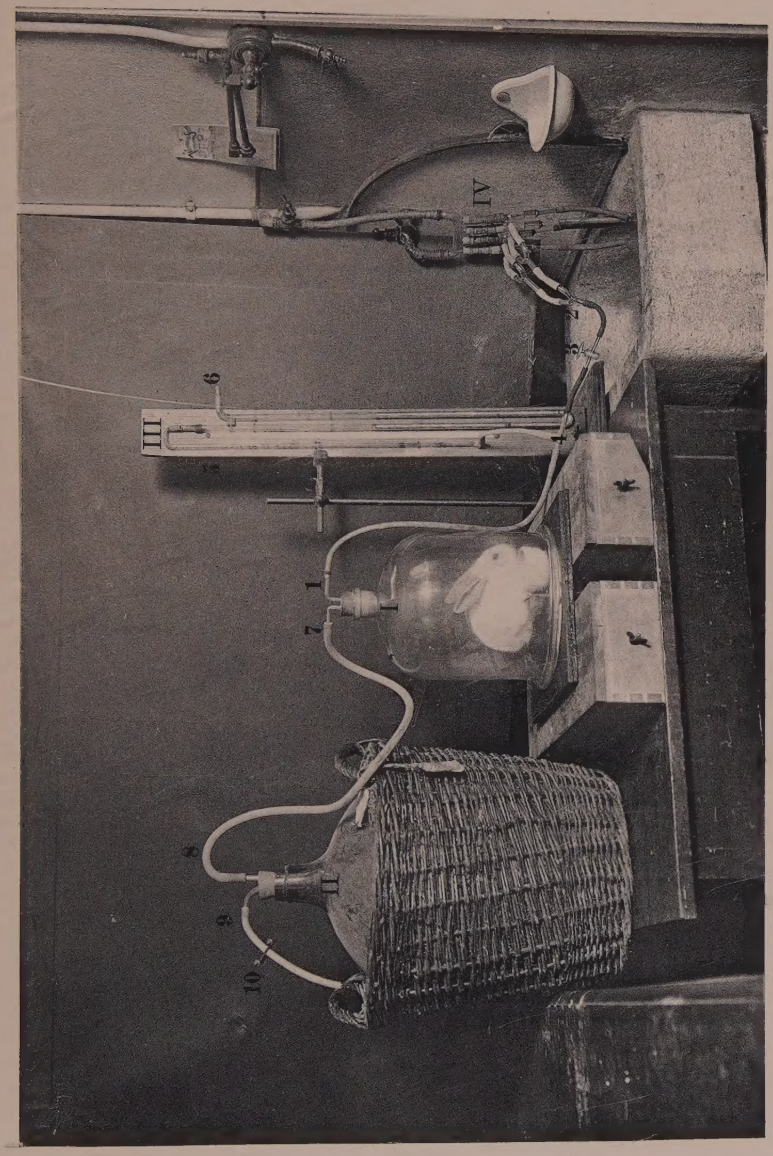
In dieser Anschauung verbindet sich das spekulativ Erschlossene mit dem sinnlich Wahrgenommenen zur Einheit einer Vorstellung, die uns nicht nur den Vorgang vor Augen führt, dessen Wirkungen zu erklären waren,

sondern die auch, weil das Hypothetische in ihr vom sinnlich Wahrgenommenen logisch bedingt erscheint, Aussicht hat, vom fortschreitenden experimentellen Augenschein bestätigt zu werden.

In ihren Grundzügen wiedergegeben lautet dieselbe:

1. Es besteht zeitlebens im tierischen Organismus ein ausserhalb des Blutes aufgespeicherter Hämoglobinvorrat, aus welchem die neugebildeten Erythrocyten Hämoglobin an sich ziehen, und an welchen sie, bei ihrem Austritt aus dem Kreislauf, ihr Hämoglobin wieder abgeben.
2. Unter Umständen, in denen der Organismus zur Erfüllung der an ihn gestellten Forderungen einer stärkern Ladung des Blutes mit Hämoglobin, — bedarf wie Schwangerschaft, Aufenthalt in einer Athmosphäre mit geringem Sauerstoffdruck, — entnimmt die erhöhte Zahl der neugebildeten Erythrocyten diesem Hämoglobinvorrat ein erhöhtes Maass von Hämoglobin, wodurch die im Blut kreisende Hämoglobinmenge ansteigt.

Litteraturverzeichnis.

1. J. Gaule: Die Blutbildung im Luftballon.
   Pflügers Archiv für Physiologie. Bd. 89.
2. Schauman und Rosenqvist: Natur der Blutveränderungen im Höhenklima.
   Zeitschrift für klin. Medizin. Bd. 35.
3. Bunge: Ueber die Eisentherapie.
   Verhandlungen des XIII. Kongresses für klin. Medizin.
4. Abderhalden: Ueber den Einfluss des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes.
   Inaugur.-Dissert.
5. Schumburg und Zuntz: Zur Kenntnis der Einwirkung des Hochgebirges auf den menschlichen Körper.
   Pflügers Archiv. Bd. 63.
6. Grawitz: Ueber die Einwirkung des Höhenklimas auf die Zusammensetzung des Blutes.
   Berliner klinische Wochenschrift 1895.
7. Egger: Veränderungen des Blutes im Hochgebirge.
   Verhandlungen des XII. Kongresses für klin. Medizin.
8. Winternitz: Neue Untersuchungen über Blutveränderungen nach thermischen Eingriffen.
   Centralblatt für klin. Medizin. Bd. 14.
9. Fick: Bemerkungen über die Vermehrung der roten Blutkörperchen.
   Pflügers Archiv. Bd. 60.

Tafel I.